



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 100 53 606 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 15 B 13/044**  
B 60 T 8/36

⑳ Aktenzeichen: 100 53 606.9  
㉔ Anmeldetag: 28. 10. 2000  
㉕ Offenlegungstag: 2. 5. 2002

DE 100 53 606 A 1

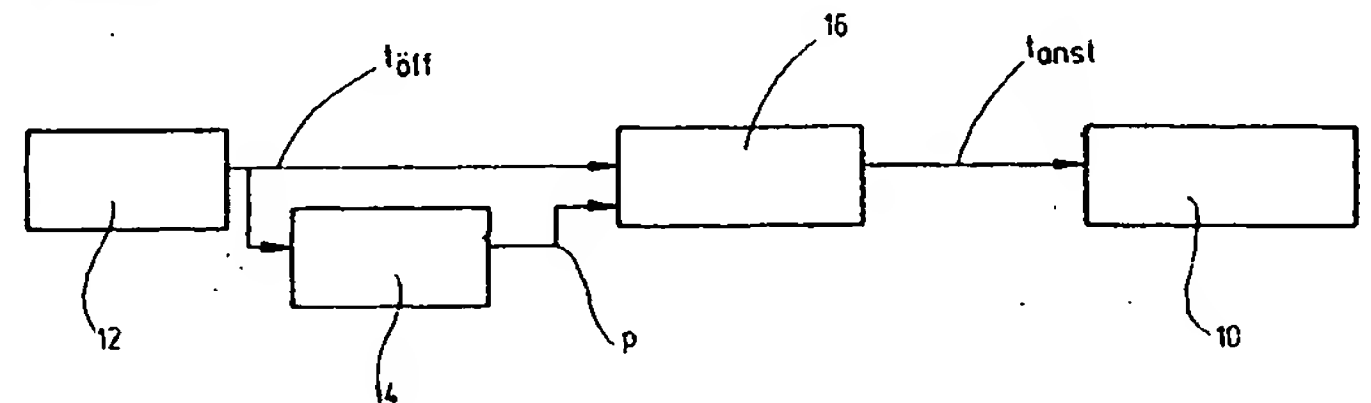
㉑ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:  
Brachert, Jost, 71254 Ditzingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

⑤④ Magnetventilregelung und Verfahren zum Regeln eines Magnetventils

⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Magnetventilregelung mit einer schaltenden Endstufe zum Ansteuern eines Magnetventils (10), Mitteln (12) zum Vorgeben einer Ventilöffnungszeit und Mitteln (14) zum Vorgeben eines Druckes über dem Ventil (10), wobei Mittel (16) zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit aus der vorgegebenen Ventilöffnungszeit und dem vorgegebenen Druck über dem Ventil (10) vorgesehen sind. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Regeln eines Magnetventils, welches vorteilhaft mit der erfindungsgemäßen Magnetventilregelung durchführbar ist.



DE 100 53 606 A 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Magnetventilregelung mit einer schaltenden Endstufe zum Ansteuern eines Magnetventils, Mitteln zum Vorgeben einer Ventilöffnungszeit und Mitteln zum Vorgeben eines Druckes über dem Ventil. Die Erfindung betrifft ferner ein Verfahren zum Regeln eines Magnetventils mit den Schritten: Ansteuern eines Magnetventils mit einer schaltenden Endstufe, Vorgeben einer Ventilöffnungszeit und Vorgeben eines Druckes über dem Ventil.

## Stand der Technik

[0002] Es sind verschiedene Systeme zum automatischen Beeinflussen der Fahreigenschaften eines Kraftfahrzeuges bekannt. Hierzu gehören beispielsweise das Antiblockiersystem (ABS) und die Antischlupfregelung (ASR). Bei diesen Systemen wird der Druck in einem Radbremszylinder durch Magnetventile eingestellt, deren Schaltzustände durch eine Magnetventilregelung beeinflusst werden. Im Bremssystem eines Kraftfahrzeuges existieren beispielsweise Umschaltventile (USV-Ventile) auf dem Weg von einer Hydraulikpumpe zu einem Hauptbremszylinder und Einlassventile (EV-Ventile) zu einem Radbremszylinder, für welche Magnetventilregelungen eingesetzt werden. Es sind sowohl Einlassventile als auch Umschaltventile bekannt, welche linear betrieben werden können. Diese Eigenschaft wird bei Antiblockiersystemen und Antischlupfregelungen in zunehmendem Maße genutzt. Bei linear betreibbaren Ventilen hängt der Druckabfall über dem Ventil im Wesentlichen linear vom elektrischen Ventilstrom ab. Grundsätzlich kann der Ventilstrom durch stromgeregelte Ventilendstufen eingestellt werden. Allerdings sind derartige stromgeregelte Ventilendstufen teuer, so dass nach anderen Lösungen gesucht wird. Es ist bereits bekannt, den Ventilstrom mit kostengünstigen schaltenden Endstufen zu schalten. Diese schaltenden Endstufen stellen die elektrische Ventilspannung pulsweitenmoduliert zur Verfügung. Mittels einer derartigen Pulsweitenmodulation lässt sich unter Verwendung einer zur Ventilschule parallel geschalteten Freilaufdiode ein mittlerer Strom einstellen, so dass hierdurch der gewünschte Druckabfall über dem Ventil eingestellt werden kann. Die Freilaufdiode ist erforderlich, damit bei abgeschalteter Endstufe das Fließen eines Stroms möglich ist.

[0003] Nachteilig an der erforderlichen Freilaufdiode ist allerdings, dass ein kurzes Öffnen und nachfolgendes Schließen des Ventils von der Freilaufdiode stark beeinflusst wird. Der Grund für diese starke Beeinflussung liegt darin, dass der Strom beim Abschalten der Ansteuerung des Ventils im Vergleich zu einer Situation ohne Freilaufdiode nur langsam abfällt. Da nun die Schaltschwelle eines Ventils stark von dem Druckabfall über dem Ventil abhängt, führt die beschriebene Beeinflussung des Stromverlaufs durch die Freilaufdiode zu unterschiedlichen Schaltzeitpunkten je nach Druckabfall über dem Ventil. Dies hat bei identischen Ventilansteuerzeiten unterschiedliche Ventilöffnungszeiten je nach Druckabfall über dem Ventil zur Folge.

[0004] Insgesamt ist es also problematisch, eine pulsweitenmodulierte Regelung, beispielsweise eine LMV-Regelung (linearisiertes Magnetventil) oder einen CPC-Betrieb ("continuous pressure control"), parallel mit einer Pulsstufenregelung in einer einzigen Magnetventilregelung zu realisieren, da die für eine pulsweitenmodulierte Regelung erforderliche Freilaufdiode exakt realisierbaren Ventilöffnungszeiten entgegensteht. Allerdings kann es unter Umständen erwünscht sein, beide Druckmodulationsprinzipien in einem Steuergerät einzusetzen, hauptsächlich vor dem Hinter-

grund, den Einsatz teurer stromgeregelter Ventilendstufen zu vermeiden. Beispielsweise ist es möglich, ABS mit einer pulsweitenmodulierten CPC am Einlassventil zu betreiben. Bei ASR ist dies jedoch nicht möglich, da bei ASR höhere Anforderungen an die Genauigkeit der eingestellten Drücke gestellt werden.

## Vorteile der Erfindung

[0005] Die Erfindung baut auf der gattungsgemäßen Magnetventilregelung dadurch auf, dass Mittel zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit aus der vorgegebenen Ventilöffnungszeit und dem vorgegebenen Druck über dem Ventil vorgesehen sind. Auf diese Weise ist es möglich, die Variation der Ventilöffnungszeit in Abhängigkeit des Druckabfalls über dem Ventil zu beeinflussen, nämlich durch die Bestimmung einer "korrigierten" Ventilansteuerzeit. Die Ventilansteuerzeit berücksichtigt somit beispielsweise den zeitlichen Ventilstromverlauf und daher die Beeinflussung des Schaltzeitpunktes aufgrund der Abhängigkeit der Schaltschwellen vom Druckabfall.

[0006] Vorzugsweise verwenden die Mittel zum Vorgeben einer Ventilöffnungszeit ein inverses Hydraulikmodell. Hydraulikmodelle werden in Reglern allgemein verwendet, um ausgehend von Eingangsparametern, wie etwa einem Ventilstrom und einer Ventilöffnungszeit, einen Druck zu berechnen. Mit einem inversen Hydraulikmodell ist es möglich, aus dem Druck über dem Ventil eine erforderliche Ventilöffnungszeit zu berechnen.

[0007] Bevorzugt verwenden die Mittel zum Vorgeben eines Druckes über dem Ventil ein Druckschätzmodell. Da sich der Druck über den Ventilen nicht direkt bestimmen lässt, sind Druckschätzmodelle, welche in Reglern des Standes der Technik enthalten sind, geeignete Mittel, um den für die weitere Bestimmung der Ventilansteuerzeit erforderlichen Druck abzuschätzen.

[0008] Es kann vorteilhaft sein, wenn die Mittel zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit eine Tabelle verwenden, welche Druckwerte und zugeordnete Korrekturwerte aufweist. Jedem Druckwert kann somit beispielsweise ein bestimmter Korrekturwert zugeordnet sein, welcher die vorgegebene Ventilöffnungszeit in eine Ventilansteuerzeit transformiert. Ebenfalls ist denkbar, dass jedem Druckwert mehrere Korrekturwerte zugeordnet sind, wobei beispielsweise einer der Korrekturwerte für die Bestimmung des Zeitpunktes zum Öffnen des Ventils verwendet wird, während ein anderer Korrekturwert für den Zeitpunkt zum Schließen des Ventils verwendet wird.

[0009] Es kann aber auch vorteilhaft sein, wenn die Mittel zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit die Zeitabhängigkeit des Ventilstroms und die Stromabhängigkeit des Ventilöffnungsdruckes modellieren. Durch die Ermittlung von funktionalen Zusammenhängen zwischen Ventilstrom und Zeit beziehungsweise zwischen Ventilöffnungsdruck und Strom können so die erforderlichen Ventilansteuerzeiten bestimmt werden. Die funktionalen Zusammenhänge können näherungsweise mathematisch oder empirisch ermittelt werden.

[0010] Dabei kann beispielsweise ausgenutzt werden, dass der Ventilstrom eine im Wesentlichen exponentielle Zeitabhängigkeit haben kann. Mit derartigen exponentiellen Abhängigkeiten lassen sich mathematische Modelle in einfacher Weise aufbauen.

[0011] Ebenfalls kann vorteilhaft sein, wenn die Mittel zum Bestimmen der Ventilansteuerzeit eine Approximationsfunktion verwenden. Mit Approximationsfunktionen lässt sich die Ventilansteuerzeit näherungsweise bestimmen, was für zahlreiche Anwendungen ausreichend ist.

[0012] Vorzugsweise ist parallel zu dem Magnetventil eine Freilaufdiode geschaltet, so dass ein LMV-Betrieb beziehungsweise ein CPC-Betrieb mit pulsweitenmodulierter Spannung parallel zu einer Pulsstufenregelung erfolgen können. Beim CPC-Betrieb findet kontinuierlich eine Pulsweitenmodulation statt, während beim LMV-Betrieb phasenweise eine Pulsweitenmodulation erfolgt, während zu anderen Zeiten das Ventil in einen geschlossenen Zustand überführt wird. Da für beide Betriebsarten eine Freilaufdiode parallel zu dem Magnetventil erforderlich ist, ist die Druckabhängigkeit der Schaltzeitpunkte des Ventils besonders stark. Daher entfaltet die Erfindung bei einem derartigen parallelen Betrieb einer Pulsstufenregelung und einer pulsweitenmodulierten Regelung ihre Vorteile in besonderer Weise.

[0013] Ihre besonderen Vorzüge entfaltet die Erfindung auch dadurch, dass für eine Antiblockiersystem-Regelung (ABS-Regelung) am Einlassventil eines Bremszylinders ein CPC-Betrieb erfolgt und dass für eine Antischlupfregelung (ASR) am Einlassventil eines Bremszylinders eine Pulsstufenregelung erfolgt. Es ist somit möglich, in kostensparender Weise auf stromgeregelte Ventilendstufen zu verzichten. Für die ABS-Regelung ist es möglich, am Einlassventil des Bremszylinders einen pulsweitenmodulierten CPC-Betrieb einzusetzen. Dies ist bei ASR nicht möglich, wenn an den Einlassventilen keine stromgeregelten Ventilendstufen eingesetzt werden sollen.

[0014] Die Erfindung baut auf dem gattungsgemäßen Verfahren dadurch auf, dass eine Ventilansteuerzeit aus der vorgegebenen Ventilöffnungszeit und dem vorgegebenen Druck über dem Ventil bestimmt wird. Auf diese Weise ist es möglich, die Variation der Ventilöffnungszeit in Abhängigkeit des Druckabfalls über dem Ventil zu beeinflussen, nämlich durch die Bestimmung einer "korrigierten" Ventilansteuerzeit. Die Ventilansteuerzeit berücksichtigt somit beispielsweise den zeitlichen Ventilstromverlauf und daher die Beeinflussung des Schaltzeitpunktes aufgrund der Abhängigkeit der Schaltschwellen vom Druckabfall.

[0015] Vorzugsweise erfolgt das Vorgeben einer Ventilöffnungszeit mittels eines inversen Hydraulikmodells. Mit einem inversen Hydraulikmodell ist es möglich, aus dem Druck über dem Ventil eine erforderliche Ventilöffnungszeit zu berechnen.

[0016] Bevorzugt erfolgt das Vorgeben eines Druckes über dem Ventil mittels eines Druckschätzmodells. Da sich der Druck über den Ventilen nicht direkt bestimmen lässt, sind Druckschätzmodelle, welche in Reglern des Standes der Technik enthalten sind, geeignete Mittel, um den für die weitere Bestimmung der Ventilansteuerzeit erforderlichen Druck abzuschätzen.

[0017] Es kann nützlich sein, wenn das Bestimmen einer Ventilansteuerzeit mittels einer Tabelle erfolgt, welche Druckwerte und zugeordnete Korrekturwerte aufweist. Jedem Druckwert kann somit beispielsweise ein bestimmter Korrekturwert zugeordnet sein, welcher die vorgegebene Ventilöffnungszeit in eine Ventilansteuerzeit transformiert.

[0018] Es kann aber auch nützlich sein, wenn beim Bestimmen einer Ventilansteuerzeit die Zeitabhängigkeit des Ventilstromes und die Stromabhängigkeit des Ventilöffnungsdruckes modelliert werden. Durch die Ermittlung von funktionalen Zusammenhängen zwischen Ventilstrom und Zeit beziehungsweise zwischen Ventilöffnungsdruck und Strom können so die erforderlichen Ventilansteuerzeiten bestimmt werden. Die funktionalen Zusammenhänge können näherungsweise mathematisch oder empirisch ermittelt werden.

[0019] Für die Modellierung ist besonders nützlich, wenn der Ventilstrom eine im Wesentlichen exponentielle Zeitab-

hängigkeit hat. Mit derartigen exponentiellen Abhängigkeiten lassen sich mathematische Modelle in einfacher Weise aufbauen.

[0020] Es kann aber auch nützlich sein, wenn das Bestimmen einer Ventilansteuerzeit mittels einer Approximationsfunktion erfolgt. Mit Approximationsfunktionen lässt sich die Ventilansteuerzeit näherungsweise bestimmen, was für zahlreiche Anwendungen ausreichend ist.

[0021] Die Erfindung ist besonders dadurch vorteilhaft, dass parallel zu dem Magnetventil eine Freilaufdiode geschaltet ist, so dass ein LMV-Betrieb beziehungsweise ein CPC-Betrieb mit pulsweitenmodulierter Spannung parallel zu einer Pulsstufenregelung erfolgen können. Beim CPC-Betrieb findet kontinuierlich eine Pulsweitenmodulation statt, während beim LMV-Betrieb phasenweise eine Pulsweitenmodulation erfolgt, während zu anderen Zeiten das Ventil in einen geschlossenen Zustand überführt wird. Da für beide Betriebsarten eine Freilaufdiode parallel zu dem Magnetventil erforderlich ist, ist die Druckabhängigkeit der Schaltzeitpunkte des Ventils besonders stark. Daher entfaltet die Erfindung bei einem derartigen parallelen Betrieb einer Pulsstufenregelung und einer pulsweitenmodulierten Regelung ihre Vorteile in besonderer Weise.

[0022] Besondere Vorzüge entfaltet die Erfindung aber auch dadurch, dass für eine Antiblockiersystem-Regelung (ABS-Regelung) am Einlassventil eines Bremszylinders ein CPC-Betrieb erfolgt und dass für eine Antischlupfregelung (ASR) am Einlassventil eines Bremszylinders eine Pulsstufenregelung erfolgt. Es ist somit möglich, in kostensparender Weise auf stromgeregelte Ventilendstufen zu verzichten. Für die ABS-Regelung ist es möglich, am Einlassventil des Bremszylinders einen pulsweitenmodulierten CPC-Betrieb einzusetzen. Dies ist bei ASR nicht möglich, wenn an den Einlassventilen keine stromgeregelten Ventilendstufen eingesetzt werden sollen.

[0023] Der Erfindung liegt die überraschende Erkenntnis zugrunde, dass bei einer schaltenden Endstufe die Ventilansteuerzeit auch bei stark druckabhängigen Ventilöffnungs-schwellen bestimmt werden kann. Dies hat besondere Vorteile im Hinblick auf die Kombination einer pulsweitenmodulierten Regelung mit einer Pulsstufenregelung, da bei einer pulsweitenmodulierten Regelung eine Freilaufdiode parallel zur Ventilschleife geschaltet werden muss, welche für eine starke zeitliche Beeinflussung des Stromverlaufs führt.

#### Zeichnungen

[0024] Die Erfindung wird nun mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen anhand bevorzugter Ausführungsformen beispielhaft erläutert.

[0025] Dabei zeigt:

[0026] Fig. 1 einen Spannungsverlauf und einen Stromverlauf bei einer Pulsweitenmodulation;

[0027] Fig. 2 einen Spannungsverlauf und einen Stromverlauf und deren Einfluss auf das Ventilverhalten;

[0028] Fig. 3 einen Spannungsverlauf und einen Stromverlauf entsprechend Fig. 2 zur mathematischen Erläuterung möglicher Modelle und

[0029] Fig. 4 einen schematischen Aufbau einer erfindungsgemäßen Magnetventilregelung.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0030] In Fig. 1 sind qualitativ die Spannung  $U$  und der Strom  $I$  gegen die Zeit  $t$  aufgetragen, wie sie bei pulsweitenmodulierten Systemen auftreten. Aufgrund der gepulsten Spannung  $U$  stellt sich ein mittlerer Strom ein, dessen Größe durch die Breite der Spannungspulse beeinflusst werden



kann. Damit auch bei abgeschalteter Endstufe ein Fließen eines Stroms möglich ist, wird parallel zur Ventilschleife vorzugsweise eine Freilaufdiode geschaltet.

[0031] Fig. 2 zeigt die Konsequenzen der Anwesenheit einer derartigen Freilaufdiode, nämlich die ausgeprägte zeitliche Abhängigkeit des Stroms I. Mit  $t_{anst}$  ist die Ansteuerzeit des Ventils bezeichnet. Je nach den Druckverhältnissen über dem Ventil kann diese Ansteuerzeit  $t_{anst}$  zu unterschiedlichen Ventilöffnungszeiten  $t_{off}$  führen. Dies liegt daran, dass bei hohen Drücken ein höherer Strom erforderlich ist, um das Ventil zu schalten als bei niedrigen Drücken. Beispielsweise schaltet das Ventil bei einem Druck  $p_H$  später als bei einem Druck  $p_L$  auf einen geöffneten Zustand. Umgekehrt schließt das Ventil bei einem hohen Druck  $p_H$  früher als bei einem niedrigen Druck  $p_L$ . Somit ist die Öffnungszeit bei hohem Druck  $t_{off}(p_H)$  wesentlich kürzer als bei einem niedrigen Druck  $t_{off}(p_L)$ .

[0032] Fig. 3 zeigt eine ähnliche Darstellung wie Fig. 2 zur Erläuterung mathematischer Modelle. Für die Berechnung der Ventilansteuerzeit  $t_{anst}$  ist zunächst die Abhängigkeit der Stromschwelle  $s_{an}$ , bei der das Ventil öffnet, vom Druck über dem Ventil zu bestimmen. Ferner ist die Stromschwelle  $s_{ab}$ , bei welcher das Ventil wieder schließt, vom Druck zu bestimmen. In guter Näherung hängen diese Schwellen im Wesentlichen linear vom Druck ab. Allerdings lassen sich diese Stromschwellen auch in Modellversuchen empirisch ermitteln. Der Zusammenhang zwischen der Stromschwelle  $s_{an}$  und der Zeit, ab der das Ventil öffnet, ist näherungsweise durch eine Exponentialfunktion gegeben.

$$s_{an} = 1 - \exp(-c_{an} \cdot t_{an})$$

[0033] Der Parameter  $c_{an}$  ist dabei weitgehend durch die Induktivität und den Widerstand der Ventilschleife bestimmt. Er wird am einfachsten durch Modellversuche empirisch bestimmt. Durch Umformung der Gleichung ergibt sich

$$t_{an} = -(1/c_{an}) \cdot \ln(1 - s_{an})$$

[0034] Ähnlich wie  $s_{an}$  ist auch der Zusammenhang von  $s_{ab}$  und  $t_{ab}$  durch eine Exponentialfunktion gegeben

$$s_{ab} = \exp(-c_{ab} \cdot t_{ab})$$

[0035] Der Parameter  $c_{ab}$  ist bei idealen Verhältnissen gleich  $c_{an}$ . Aufgrund unterschiedlicher elektrischer Verhältnisse können sich aber Abweichungen ergeben. Durch Umformung ergibt sich

$$t_{ab} = -(1/c_{ab}) \cdot \ln(s_{ab})$$

[0036] Die Zeit, während welcher das Ventil geöffnet ist ergibt sich wie folgt

$$t_{off} = t_{anst} - t_{an} + t_{aus}$$

[0037] Somit kann die Ventilansteuerzeit folgendermaßen ermittelt werden:

$$t_{anst} = t_{off} + t_{an} - t_{aus}$$

[0038] Bei Ventilen, die "invers" angesteuert werden, das heißt bei denen der Druckpuls durch Wegnahme der Spannung hervorgerufen wird, beispielsweise bei Einlassventilen (EV) und Umschaltventilen (USV), müssen die Gleichungen für  $s_{an}$  und  $s_{ab}$  ausgetauscht werden.

[0039] Da die Berechnungen des natürlichen Logarithmus

innerhalb der Steuerung aufwendig ist, empfiehlt es sich, den beschriebenen Zusammenhang im Steuergerät durch eine Approximationsfunktion anzunähern, oder diesen Zusammenhang in einer Tabelle beziehungsweise in einem Kennfeld abzulegen, in dem  $t_{an} - t_{aus}$  in Abhängigkeit vom Druck verzeichnet ist. Dieses Kennfeld beziehungsweise diese Tabelle können auch direkt empirisch ermittelt werden, so dass die Bestimmung der einzelnen Parameter  $c_{an}$ ,  $c_{ab}$ ,  $s_{an}$  als Funktion des Druckes und  $s_{ab}$  als Funktion des Druckes im Einzelnen nicht mehr erforderlich ist.

[0040] Fig. 4 zeigt einen schematischen Aufbau einer Magnetventilregelung. Ein Magnetventil 10 wird während der Zeit  $t_{anst}$  angesteuert. Zu diesem Zweck wird von einem Regler 12 eine Ventilöffnungszeit  $t_{off}$  vorgegeben. Weiterhin wird aus diesen Ventilöffnungszeiten über ein Druckschätzmodell 14 der Druck  $p$  über dem Ventil ermittelt. Aus der Ventilöffnungszeit  $t_{off}$  und dem Druck  $p$  wird in den Mitteln 16 zum Bestimmen der Ventilansteuerzeit eben diese Ventilansteuerzeit  $t_{anst}$  berechnet.

[0041] Die vorhergehende Beschreibung der Ausführungsbeispiele gemäß der vorliegenden Erfindung dient nur zu illustrativen Zwecken und nicht zum Zwecke der Beschränkung der Erfindung. Im Rahmen der Erfindung sind verschiedene Änderungen und Modifikationen möglich, ohne den Umfang der Erfindung sowie ihre Äquivalente zu verlassen.

#### Patentansprüche

1. Magnetventilregelung mit einer schaltenden Endstufe zum Ansteuern eines Magnetventils (10), Mitteln (12) zum Vorgeben einer Ventilöffnungszeit und Mitteln (14) zum Vorgeben eines Druckes über dem Ventil (10), dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (16) zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit aus der vorgegebenen Ventilöffnungszeit und dem vorgegebenen Druck über dem Ventil (10) vorgesehen sind.
2. Magnetventilregelung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (12) zum Vorgeben einer Ventilöffnungszeit ein inverses Hydraulikmodell verwenden.
3. Magnetventilregelung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (14) zum Vorgeben eines Druckes über dem Ventil ein Druckschätzmodell verwenden.
4. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16) zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit eine Tabelle verwenden, welche Druckwerte und zugeordnete Korrekturwerte aufweisen.
5. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel (16) zum Bestimmen einer Ventilansteuerzeit die Zeitabhängigkeit des Ventilstromes und die Stromabhängigkeit des Ventilöffnungsdruckes modellieren.
6. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilstrom eine im Wesentlichen exponentielle Zeitabhängigkeit hat.
7. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zum Bestimmen der Ventilansteuerzeit eine Approximationsfunktion verwenden.
8. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass parallel

zu dem Magnetventil eine Freilaufdiode geschaltet ist, so dass ein LMV-Betrieb (linearisiertes Magnetventil) beziehungsweise ein CPC-Betrieb ("continous pressure control") mit pulsweitenmodulierter Spannung parallel zu einer Pulsstufenregelung erfolgen können. 5

9. Magnetventilregelung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Antiblockiersystem-Regelung (ABS-Regelung) am Einlassventil eines Bremszylinders ein CPC-Betrieb erfolgt und 10  
dass für eine Antischlupfregelung (ASR) am Einlassventil eines Bremszylinders eine Pulsstufenregelung erfolgt.

10. Verfahren zum Regeln eines Magnetventils mit den Schritten: 15

- Ansteuern eines Magnetventils mit einer schaltenden Endstufe,
- Vorgeben einer Ventilöffnungszeit und
- Vorgeben eines Druckes über dem Ventil,

dadurch gekennzeichnet, dass eine Ventilansteuerzeit 20 aus der vorgegebenen Ventilöffnungszeit und dem vorgegebenen Druck über dem Ventil bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorgeben einer Ventilöffnungszeit mittels eines inversen Hydraulikmodells erfolgt. 25

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass das Vorgeben eines Druckes über dem Ventil mittels eines Druckschätzmodells erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen einer Ventilansteuerzeit mittels einer Tabelle erfolgt, welche Druckwerte und zugeordnete Korrekturwerte aufweist. 30

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass beim Bestimmen einer Ventilansteuerzeit die Zeitabhängigkeit des Ventilstroms und die Stromabhängigkeit des Ventilöffnungsdruckes modelliert werden. 35

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass der Ventilstrom eine im Wesentlichen exponentielle Zeitabhängigkeit hat. 40

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass das Bestimmen der Ventilansteuerzeit mittels einer Approximationsfunktion erfolgt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 16, 45 dadurch gekennzeichnet, dass parallel zu dem Magnetventil eine Freilaufdiode geschaltet ist, so dass ein LMV-Betrieb (linearisiertes Magnetventil) beziehungsweise ein CPC-Betrieb ("continous pressure control") mit pulsweitenmodulierter Spannung parallel zu 50 einer Pulsstufenregelung erfolgen können.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Antiblockiersystem-Regelung (ABS-Regelung) am Einlassventil eines Bremszylinders ein CPC-Betrieb erfolgt und 55  
dass für eine Antischlupfregelung (ASR) am Einlassventil eines Bremszylinders eine Pulsstufenregelung erfolgt.

60

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

65

- Leerseite -

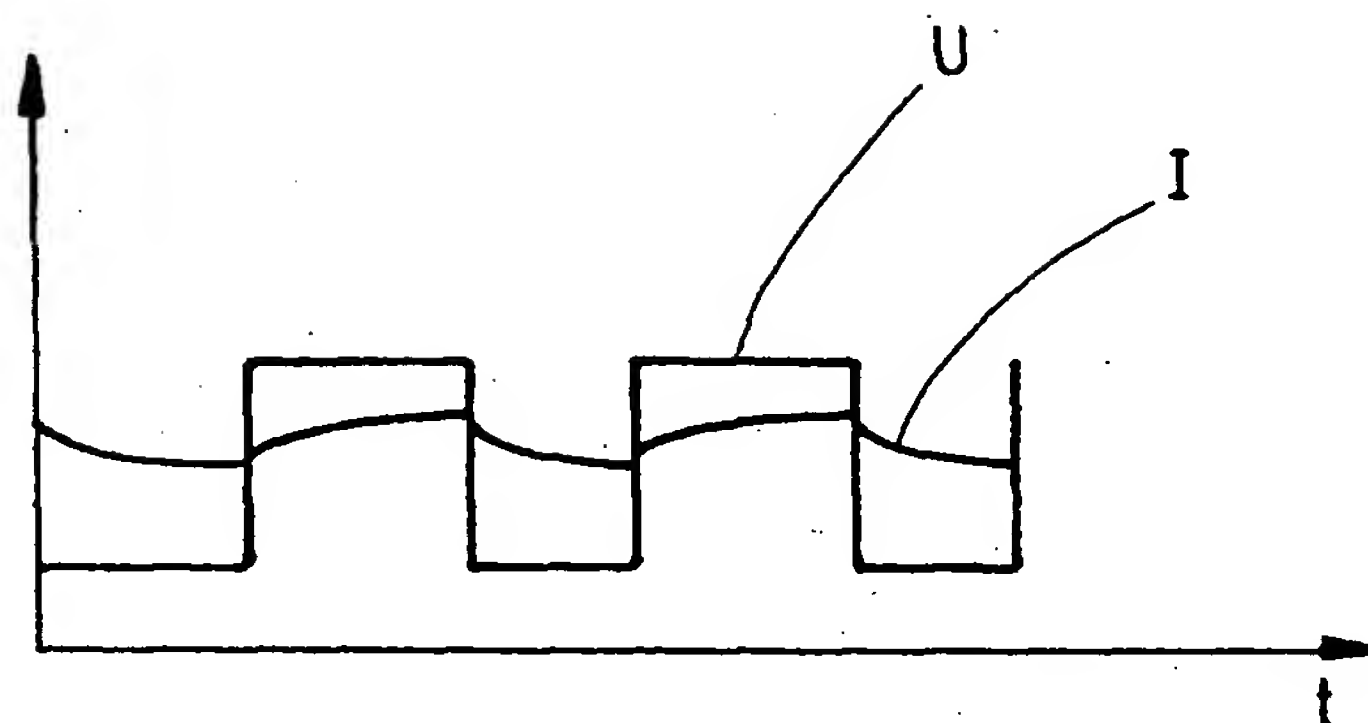


Fig.1

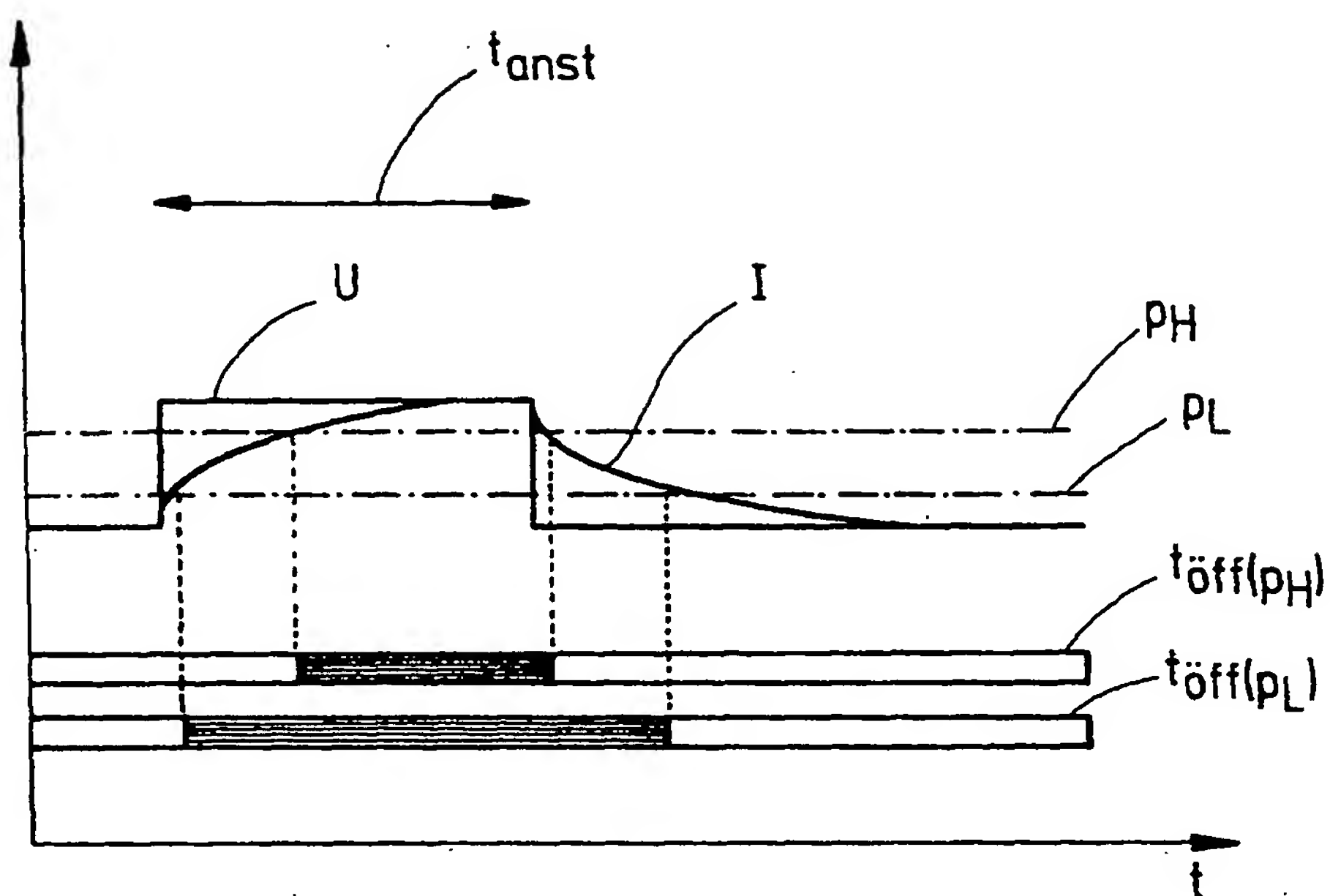


Fig.2



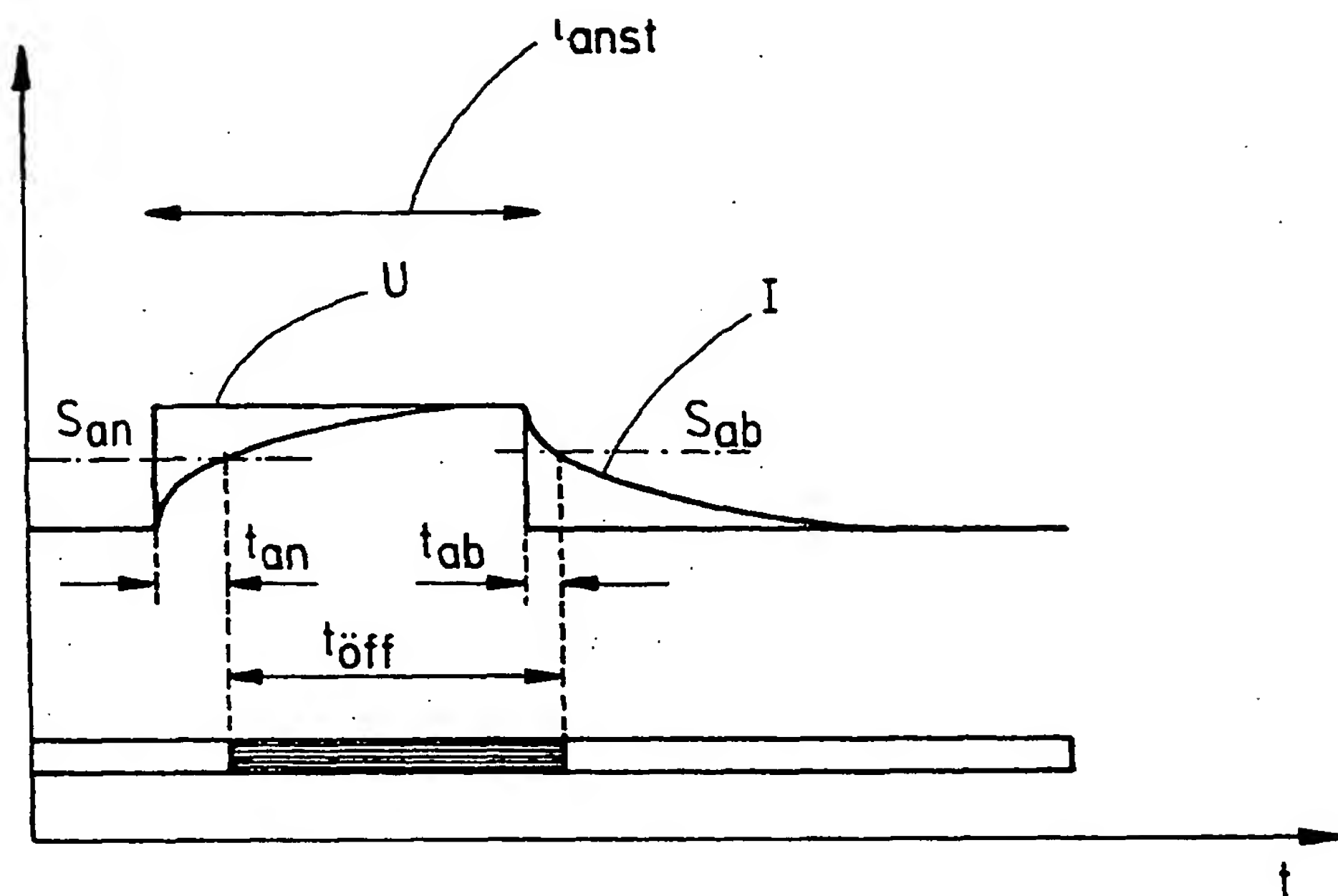


Fig.3

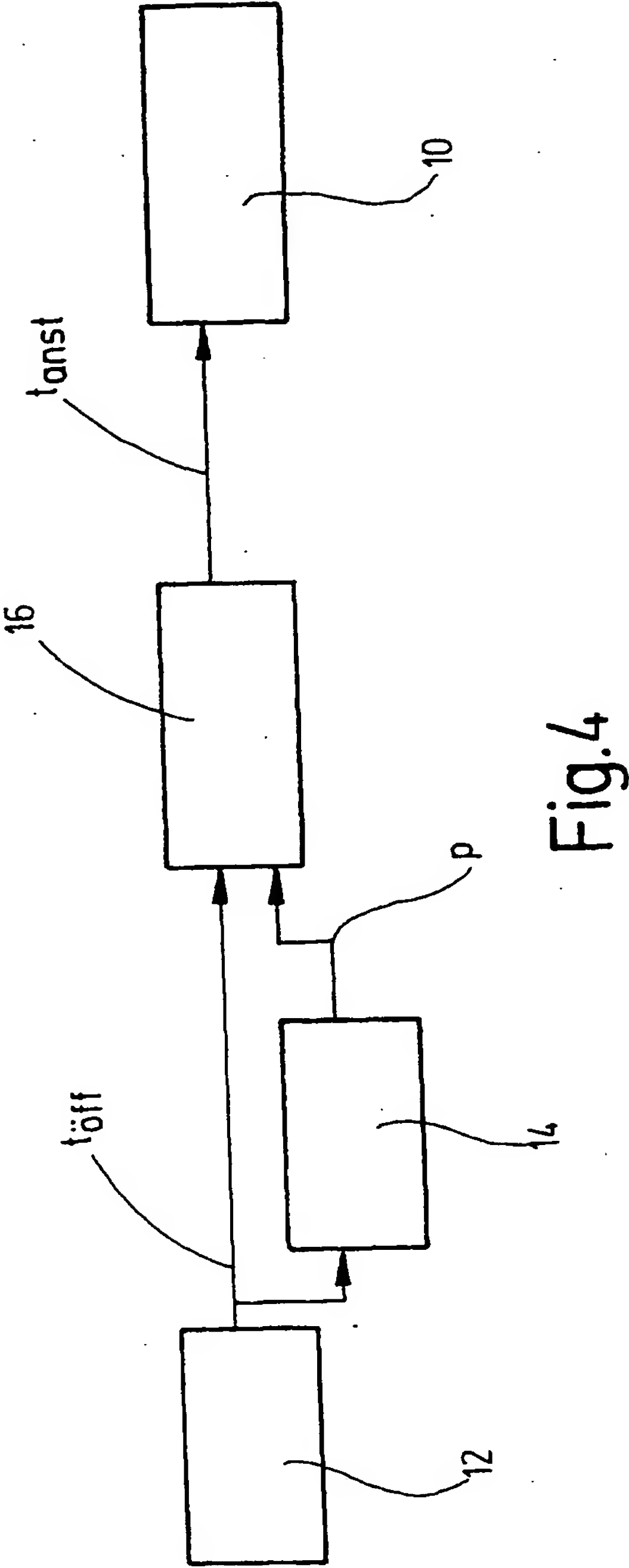


Fig.4

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**